

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-338019

(P 2 0 0 3 - 3 3 8 0 1 9 A)

(43) 公開日 平成15年11月28日 (2003. 11. 28)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G11B 5/65		G11B 5/65	5D006
5/667		5/667	5D112
5/738		5/738	
5/84		5/84	Z

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願2002-147963 (P 2002-147963)

(22) 出願日 平成14年 5 月22日 (2002. 5. 22)

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 ▲高▼橋 由夫
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 屋久 四男
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会
社日立製作所ストレージ事業部内

(74) 代理人 100091096
弁理士 平木 祐輔

最終頁に続く

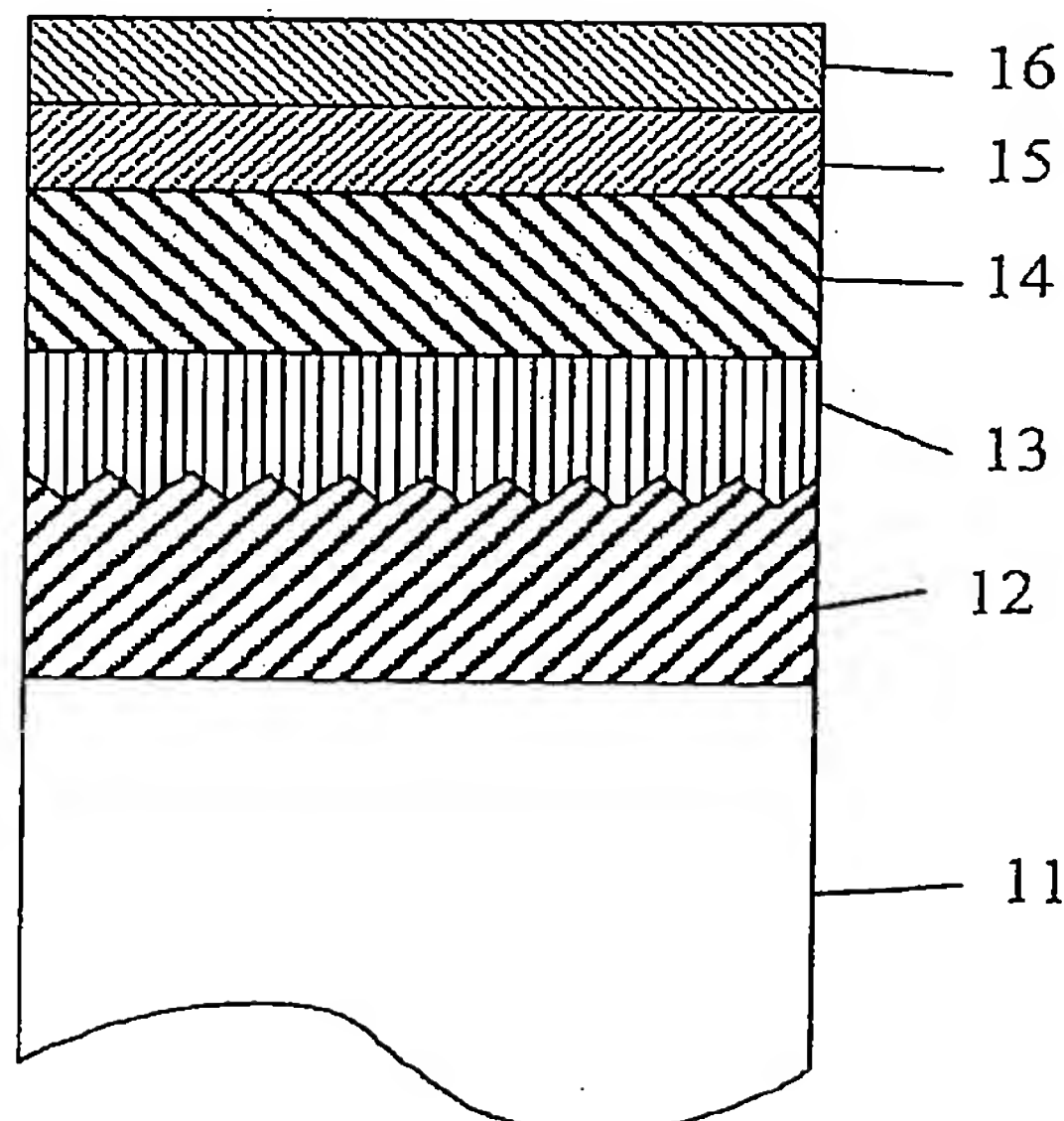
(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 媒体ノイズを低減し、熱安定性も優れた磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 ディスク状基板 1 1 と磁性層 1 4 の間に、実質的にアモルファスのシード層 1 2 とこれに接する実質的に柱状構造を有する多結晶下地層 1 3 を有し、シード層と下地層の界面に、磁性層結晶粒径以下の周期を持つ微細な溝をディスク円周方向に形成する。ディスク円周方向の平均粒子径をディスク半径方向の平均粒子径で除した値が 0. 9 以下で、かつ 0. 5 以上の粒子形状をもつ磁気記録媒体を提供でき、これにより媒体ノイズ低減と熱安定性の両立が図れる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスク状基板と、実質的に柱状構造を有する多結晶粒で構成された磁性層とを含む磁気記録媒体において、

前記磁性層を構成する結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ と基板半径方向の平均径 $\langle D_r \rangle$ との比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ が 1 より小さいことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ が 0.5 以上 0.9 以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 3】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ が、少なくとも磁気記録パターンの記録される最内周トラック位置において、0.5 以上 0.9 以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 4】 ディスク状基板と、前記基板上に形成された第 1 の下地層と、前記第 1 の下地層の上部に接して形成された実質的に柱状構造を有する多結晶粒で構成された第 2 の下地層と、前記第 2 の下地層の上に形成された実質的に柱状構造を有する多結晶粒で構成された磁性層とを含み、

前記第 1 の下地層は前記第 2 の下地層との界面に前記基板の円周方向に沿った微細溝を有し、該微細溝の基板半径方向に測定した凹凸の平均周期が、前記磁性層の結晶粒を基板面に垂直方向から測定した平均結晶粒径の 2 倍以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 5】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記微細溝の基板半径方向に測定した凹凸の平均周期が、前記磁性層の結晶粒を基板面に垂直方向から測定した平均結晶粒径以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 6】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記第 1 の下地層は実質的にアモルファスであることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 7】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記磁性層の結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ と基板半径方向の平均径 $\langle D_r \rangle$ との比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ が 1 より小さいことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 8】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記磁性層の結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ と基板半径方向の平均径 $\langle D_r \rangle$ との比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ が 0.5 以上 0.9 以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 9】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記磁性層の結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ と基板半径方向の平均径 $\langle D_r \rangle$ との比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ が、少なくとも磁気記録パターンの記録される最内周トラック位置において 0.5 以上 0.9 以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 10】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記第 1 の下地層と第 2 の下地層の界面にある微細溝の

凹凸の中心線平均粗さが、0.3 nm 以上 3 nm 以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 11】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記磁性層の結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ が、10 nm 以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 12】 請求項 6 記載の磁気記録媒体において、前記磁性層は容易磁化方向が基板面と略垂直方向を向き、前記基板と前記第 1 の下地層との間に軟磁性層を有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 13】 ディスク状基板上に、実質的にアモルファスの第 1 の下地層と、前記第 1 の下地層に接する実質的に多結晶で構成された第 2 の下地層と、磁性層とを積層する工程を含む磁気記録媒体の製造方法において、前記第 1 の下地層の表面に、凹凸の平均周期が前記磁性層の平均結晶粒径の 2 倍以下である微細溝を、基板の略円周方向に形成する工程を含むことを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 14】 請求項 13 記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記凹凸の平均周期が前記磁性層の平均結晶粒径以下であることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 15】 請求項 13 記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記微細溝の凹凸は中心線平均粗さが 0.3 nm 以上 3 nm 以下であることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 16】 請求項 13 記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記第 1 の下地層及び第 2 の下地層をスパッタリング法によって形成することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 17】 請求項 13 記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記微細溝を形成した第 1 の下地層の表面をスパッタリングによってエッチングする工程を含むことを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項 18】 請求項 13 記載の磁気記録媒体の製造方法において、前記微細溝を形成した第 1 の下地層の表面を洗浄液を用いてエッチングする工程を含むことを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、媒体ノイズと熱揺らぎが抑制された磁気記録媒体及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気記憶装置に対する高密度化の要求は、大容量化、装置小型化、部品点数削減などの観点からますます高まっている。磁気記録装置の高密度化を実現してゆくためには、記録再生を行う磁気ヘッドの再生感度の向上や信号処理方式の改良などに加え、磁気記録媒体のノイズ低減が重要である。

【0003】現在、主に製品化されている基板面内方向に磁化を向けて記録を行う面内記録方式に用いられる磁気記録媒体では、Coを主成分とする微細な結晶粒から構成される磁性層を用いている。この磁性結晶粒は{110}面が基板面と平行となるように、001方位が基板面と垂直方向に優先配向したCr合金結晶粒を下地層として用い、Cr合金結晶粒上に磁性結晶粒が略エピタキシャル成長するように制御されている。または、211方位が基板面と垂直に優先配向したCr合金の下地層上に、Co合金結晶粒の{100}面が基板面と平行になるように制御される場合もある。いずれにしても、磁性結晶粒は、その結晶のC軸が基板面と略平行に配向するように制御が行われている。これは、Co合金結晶粒のC軸方向が磁化容易軸であり、基板面内方向に磁化が向くようにするためである。

【0004】Cr合金の001配向や211配向を実現するには、基板とCr合金層の間にシード層が形成される。たとえば、Al-Mg合金基板の場合には、Ni-P鍍金を用い、比較的高温でCr合金をスパッタリング法によって成膜すると001方位の優先配向が実現する。また、ガラス基板上にアモルファスのCoCrZr合金を成膜し、Cr合金を成膜する方法なども実用化されている。さらに、低温で成膜したNiAl合金をシード層として用い、Cr合金を211配向させる方法もある。このように、結晶配向を制御して成長させたCr合金上に磁性結晶粒が略エピタキシャルに成長するため、磁性結晶粒の形状や結晶粒径はCr合金結晶粒の形状や結晶粒径によって強く影響を受ける。一般に、個々のCr合金結晶粒やCo合金結晶粒の形状は不規則な形状であるが、平均的には等方的である。

【0005】さて、媒体ノイズを低減するためには、磁性結晶粒の粒径を微細化し、隣接する結晶粒間の交換相互作用を低減することが有効である。なぜなら、媒体ノイズの原因の一つである隣接する記録ビット境界部分の磁化遷移領域の幅は、交換相互作用が小さい場合は、磁性層の結晶粒径に強く依存するためである。結晶粒径の微細化を行うためには、下地層の結晶粒径を微細化する方法が有効である。なぜなら先に説明したように、磁性結晶粒はCr合金結晶粒上に略エピタキシャル成長するため、磁性層の結晶粒径が下地層の影響を強く受けるためである。下地結晶粒の微細化には、CoCrZrシード層の表面酸化を行ったり(IEEE Tran. Magn. Vol. 35, No. 5, (1999) 2640)、Cr合金にBを添加する(J. Appl. Phys. Vol. 33, No. 5, (1997) 2980)などの手段が報告されている。これらの手法によりCr合金結晶粒の結晶粒径を微細化することで、磁性層結晶粒を微細化することが可能である。一方、粒子間の交換相互作用の低減には、結晶粒界にCrを偏析させる手法や結晶粒間に物理的空間を形成する手法などが報告されている。前者の手法を実現するため、磁性層としてCoCrPt合金にB

やSiO₂などの材料を添加することが検討され(特開平7-311929号公報)、実用化されている。Bの磁性層への添加は、磁性層の結晶粒自身を微細化する効果もあり、微細な下地結晶粒と組み合わせることで効果的に磁性粒径の微細化と粒子間の交換相互作用を低減することが可能である。

【0006】このような媒体ノイズの低減法は、面内媒体だけに限らず、記録磁化の方位を基板面垂直方向とした垂直磁気記録方式でも全く同様である。垂直磁気記録方式に用いられる磁気記録媒体としては、面内記録媒体に用いられるのと同様なCo合金磁性結晶粒で構成される磁性層を用いた磁気記録媒体や、CoとPd、もしくはCoとPtを交互に積層した人工格子構造の結晶粒で構成された磁性層を用いた磁気記録媒体等が検討されている。これらの垂直磁気記録媒体であっても、結晶粒の微細化と交換相互作用の低減は媒体ノイズを低減するためには非常に重要である。

【0007】しかしながら、磁気記憶装置の高密度化を進めるためには更なる結晶粒の微細化が必要となるが、結晶粒の微細化と共に、記録された磁化量が室温程度の熱エネルギーで時間とともに減衰するという、いわゆる熱ゆらぎの問題が顕著になっている。そのため、結晶粒径の微細化に伴う熱ゆらぎの限界を超える技術として、磁性層をRuを介した2層、もしくはそれ以上の多層とし、上下層間の反強磁性的結合を利用して実効的な粒子体積を増大し、熱的安定性を確保するいわゆるAFC

(Anti-Ferromagnetically Coupled)媒体が実用化されており、さらには、磁性層厚を厚くすることのできる垂直記録方式が提案され多くの検討が行われている。垂直記録の場合、記録磁化の安定性は高記録密度となるほど安定になるため、本質的に高記録密度に適した記録方式と考えられている。また、米国特許5989674号には、基板に150nm程度の凹凸周期を持つ微細溝(テクスチャ)を設け、粒子の長軸短軸比が2-6程度の針状の粒子を形成することにより、磁性粒子の形状異方性を増大する技術が記載されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】結晶粒の大きさのうち媒体ノイズと相関があるのは、磁気ヘッドにより記録する記録ビットパターンのトラック方向(ディスク基板の円周方向)の結晶粒径である。なぜなら、隣接する記録ビット境界の磁化遷移領域の幅はトラック方向の粒子径に依存し、トラック幅方向(ディスク基板の半径方向)の粒子径にはほとんど影響されないためである。したがって、粒子の形状をディスク基板の半径方向に細長くなるように制御すれば、微細粒径と大きな粒子体積を両立でき、媒体ノイズを小さく保ったまま、熱的に安定な媒体を実現できる。

【0009】基板テクスチャを設けることにより針状磁性結晶の形状がディスク半径方向に細長くなる点につい

ては、前記米国特許 5989674 号に記載されている。しかし、現行の磁気記録媒体で用いられている柱状の磁性結晶に対しては、単にテクスチャ処理が施された基板上に種々の下地層を介して磁性層を形成しても、基板面に対してある特定の方向に変形したような形状を持つ結晶粒は形成されないことが、本発明者らの検討により明らかになった。更に、前記米国特許には、粒子形状を適切な範囲に保つための微細溝に関する詳細は述べられておらず、また、ディスク半径方向と円周方向の平均粒径の関係については何ら述べられていない。

【0010】そこで本発明は、実質的に柱状構造を持つ下地層結晶粒と磁性層結晶粒の形状を制御し、磁性粒子のトラック方向の平均粒径をトラック幅方向の平均粒径に比べて微細にする方法、及びこの方法により製造された磁性結晶粒が適切な範囲に制御された磁気記録媒体を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的は、実質的に柱状構造を有する下地層結晶粒の粒径や優先配向方向を制御するために用いられるシード層の表面に、適切な周期や大きさを制御した微細な溝を設けることによって達成される。

【0012】本発明による磁気記録媒体は、ディスク状基板と、実質的に柱状構造を有する多結晶粒で構成された磁性層とを含む磁気記録媒体において、磁性層を構成する結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ と基板半径方向の平均径 $\langle D_r \rangle$ との比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ が 1 より小さいことを特徴とする。前記比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ は、少なくとも磁気記録パターンの記録される最内周トラック位置において、0.5 以上 0.9 以下である。

【0013】本発明による磁気記録媒体は、また、ディスク状基板と、基板上に形成された第 1 の下地層（前記シード層に相当）と、第 1 の下地層の上部に接して形成された実質的に柱状構造を有する多結晶粒で構成された第 2 の下地層と、第 2 の下地層の上に形成された実質的に柱状構造を有する多結晶粒で構成された磁性層とを含み、第 1 の下地層は第 2 の下地層との界面に基板の円周方向に沿った微細溝を有し、該微細溝の基板半径方向に測定した凹凸の平均周期が、磁性層の結晶粒を基板面に垂直方向から測定した平均結晶粒径の 2 倍以下、好ましくは平均結晶粒径以下であることを特徴とする。

【0014】第 1 の下地層は実質的にアモルファスであることが好ましい。また、磁性層の結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ と基板半径方向の平均径 $\langle D_r \rangle$ との比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ は 1 より小さく、好ましくは 0.5 以上 0.9 以下である。また、比 $\langle D_c \rangle / \langle D_r \rangle$ は、少なくとも磁気記録パターンの記録される最内周トラック位置において 0.5 以上 0.9 以下である。第 1 の下地層と第 2 の下地層の界面にある微細溝の凹凸の中心線平均粗さは、0.3 nm 以上 3 nm 以下であ

る。磁性層の結晶粒の基板円周方向の平均径 $\langle D_c \rangle$ は、10 nm 以下である。

【0015】本発明の磁気記録媒体は 2 層垂直磁気記録媒体であってもよい。すなわち、磁性層は容易磁化方向が基板面と略垂直方向を向き、基板と前記第 1 の下地層との間に軟磁性層を有していてもよい。本発明による磁気記録媒体の製造方法は、ディスク状基板上に、実質的にアモルファスの第 1 の下地層と、第 1 の下地層に接する実質的に多結晶で構成された第 2 の下地層と、磁性層とを積層する工程を含む磁気記録媒体の製造方法において、第 1 の下地層の表面に、凹凸の平均周期が磁性層の平均結晶粒径の 2 倍以下、好ましくは平均結晶粒径以下である微細溝を、基板の略円周方向に形成する工程を含むことを特徴とする。

【0016】微細溝の凹凸の中心線平均粗さは、0.3 nm 以上 3 nm 以下である。第 1 の下地層及び第 2 の下地層はスパッタリング法によって形成することができる。微細溝を形成した第 1 の下地層の表面をスパッタリングによってエッチングする工程、あるいは洗浄液を用いてエッチングする工程を含んでもよい。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、発明者が見出した重要な知見を元に、本発明の詳細を説明する。図 1 は、本発明に関する磁気記録媒体の構造例を示した断面模式図である。本例の磁気記録媒体は、基板 11 上にシード層 12、下地層 13、磁性層 14、保護層 15、潤滑層 16 を積層したものである。

【0018】ディスク基板 11 としては、表面を化学強化したガラス基板、結晶化ガラス基板、Al-Mg 基板、Si 基板、カーボン基板などを用いることができる。シード層 12 には、NiP、NiTa、NiNb、NiCr、CoCr、CrTiなどを主成分としたものを用いることができ、これらにZrなどを少量添加したものを用いても良い。また、シード層の構造は実質的にアモルファスであることが好ましい。また、結晶質のシード層の最上面を実質的にアモルファスとなるように表面改質を行ったり、アモルファス層との多層構造としても良い。シード層 12 は、その上に形成する下地層の結晶粒の粒径や優先配向方向を制御するための層であり、表面にディスクの周方向に沿って微細溝が形成されている。微細溝は周知のテープポリッシングマシンを用いて形成することができる。微細なダイヤモンド砥粒を含んだ研磨剤を用い、研磨テープをディスクに押しつけ、ディスクを回転させることによって、ディスク円周方向の微細溝を形成する。研磨時間やテープの押しつけ圧力などを調節して所望の微細溝を形成する。

【0019】下地層 13 には、Cr やこれにTi、Mo、V、W、Si、B、Ru、Al、Zr、Ge、Taなどを添加したもの、さらにはPdやPtもしくはこれらにB、C、SiO₂などを添加したものをを用いること

10

20

30

40

50

ができる。もちろんこれらの多層構造としても良い。この下地層粒子の構造は実質的に結晶粒が柱状構造である必要があり、粒径微細化や結晶配向性の制御、さらには上部に成膜する磁性層 14 との格子整合性を高めるために用いられる。磁性層 14 には、CoCrPt やこれに B, Ta, Si, Cu, Zr, Nb, Ru, Ti, Ni, Fe などを添加したものや、Co と Pt、もしくは Co と Pd の積層膜、及びこれらに B, C, Si などを添加した積層膜などを用いることができる。

【0020】保護層 15 としては C を主体とした層が形成される。さらに潤滑層 16 として、パーフルオロアルキルエーテル系などの潤滑層を塗布する。磁気記録媒体を構成する材料はここで述べたものに限られるわけではなく、磁性結晶粒の粒子径制御が可能なシード層、下地層、磁性層材料であれば良い。

【0021】図 2 は、ディスク状基板と微細溝の方向との関係を示す図である。微細溝は略ディスク円周方向に沿ってディスク全面にわたって設けられるが、一本の溝がディスク円周に沿って連続的につながっている必要はない。このディスク状基板に形成されたシード層上に微細溝を設けた場合の、磁性層の結晶粒像を図 3 に示す。

【0022】図 3 は透過電子顕微鏡を用いて撮影された磁性膜の磁性結晶粒像であり、同図中の黒いコントラストの部分が概略 1 つの磁性結晶粒に対応している。図 3 (a) はシード層上に約 50 nm 周期の微細溝を設けた場合の磁性層の結晶粒像、図 3 (b) はシード層上に約 11 nm 周期の微細溝を設けた場合の磁性層の結晶粒像である。微細溝を設けない場合の磁性結晶粒像は、約 50 nm 周期の微細溝を設けた場合と差が見られないため省略している。同図より明らかなように、約 11 nm の微細溝を設けた場合に限り、微細溝方向に磁性結晶粒が整列していることがわかる。さらに比較的大きな磁性結晶粒はディスク半径方向（微細溝と略直交方向）に長い粒子となる場合が多いことがわかる。このようにディスク円周方向の磁性粒子径が小さくなると、磁化遷移領域の幅が狭くなる（図 6 参照）ため、高密度記録により適した構造となる。

【0023】より精密に粒子径の比較を行うために、結晶粒の格子像から求めたディスク半径方向の平均粒子径とディスク円周方向の平均粒子径の比をプロットしたグラフを図 4 に示す。シード層の表面に微細溝を設けなかった場合、及び周期の大きな微細溝を設けた場合には、ディスク円周方向と半径方向で平均粒径にまったく差が現れなかった。しかし、微細溝の周期が小さい場合には、明らかに円周方向の粒径が半径方向の粒径に比べて微細化することがわかった。

【0024】さらに、ディスク円周方向の粒径を半径方向の粒径で除した量が、粒子径に対して変化する様子を図 5 に示した。図の例えば結晶粒径 7 nm の粒径比は、粒子径 6 nm から 8 nm の範囲に属する複数の粒子の円

周方向粒径の平均値と半径方向粒径の平均値の比を求めプロットしたものである。粒子径は個々の粒子と同じ面積を持つ円の直径で定義し、粒子の結晶格子像から求めた。また、図 5 には、透過電子顕微鏡による観察から得た媒体断面像を解析し求めた微細溝の平均周期も合わせて示している。同図より明らかなように、微細溝の周期より大きな径を持つ結晶粒に対しては、円周方向の粒径が半径方向の粒径に比べて短くなり、その傾向は相対的に微細溝周期より粒径が大きくなるほど大きくなることとなる。逆に、微細溝の平均周期より小さな結晶粒については、円周方向の粒子径が半径方向の粒子径に比べ長くなる。

【0025】このような粒子形状の変化が起こる原因は以下のように考えることができる。まず、粒子の成長は、シード層上にランダムに形成された成長核を中心に下地粒子の成長が起こると考えられる。その後、下地粒子上に略エピタキシャル成長した磁性粒子が下地粒子の形状を反映して成長する。このとき微細溝凹凸の凸部には、成長核が形成されにくい、もしくはできたとしても粒成長が起こりにくいと考えられる。したがって、主として粒子の成長核として機能するのは、凹部分に形成された成長核である。そのため、微細溝と平行方向の成長核密度は、直交方向の成長核密度より高くなると考えられる。さらには、凹部に形成された成長核から成長する粒子は基板応力などのために、微細溝と直交方向の成長速度が速くなる可能性がある。つまり、凹部に形成された成長核から成長する粒子のうち、微細溝の凹凸周期より大きな結晶粒径として成長しようとする粒子は、微細溝直交方向、すなわちディスク半径方向に長い粒子となる（図 3 (b) に a で示す粒子）。一方、微細溝凹部に近接して成長核ができた場合には、図 3 (b) に b で示す粒子、及び c で示す粒子のように微細溝と直交方向の成長が互いに抑制され、微細溝と平行方向、すなわちディスク円周方向に長い粒子となると考えられる。それぞれの粒子の形状については概略円形からずれ、方形に近い形状となる場合が多い。これも、微細溝凸部によって、ディスク半径方向の粒子形状が押しつぶされたような成長となるためであると考えられる。

【0026】このような磁性層粒子形状の変形が生じるのは、微細溝と接する Cr 合金下地の粒子が変形するためである。Cr 合金結晶粒と磁性層結晶粒の粒径は一般に等しくない。なぜなら、1 つの Cr 合金下地の上に複数の磁性層結晶粒がその結晶方位を約 90 度変えて成長する構造（バイクリスタル構造）をとることができるためである。ただし、バイクリスタル構造を構成する粒子数が増加すると粒径分布の幅が広がるため好ましくない。したがって、1 つの Cr 合金粒子上には 2 個以下であることが好ましく、さらに好ましくは 1 個、つまり Cr 合金結晶粒と磁性層結晶粒の大きさが等しいことが好ましい。このことから、ディスク円周方向に微細な粒子

形状を実現するには、微細溝の周期は磁性膜粒子の平均粒径の 2 倍以下、さらに好ましくは、磁性結晶粒径以下である必要がある。

【0027】次に、微細溝の形成位置やシード層材料について説明する。微細溝を形成する位置は、Cr合金下地層に接するシード層表面であることが好ましい。またこの時、シード層は実質的にアモルファスである材料であることが好ましい。なぜなら、基板上に所望の微細溝を形成し、その後、アモルファスのシード層を形成した場合、現在実用化されている磁気記録媒体の平均結晶粒径である約 10 nm と同程度の周期を持つ微細溝は転写されないためである。また、シード層上に転写される微細溝の凹凸高さは、基板上の凹凸に比べ小さくなってしまふ。たとえば、基板上に微細溝を形成し、厚さ 30 nm のアモルファス層を形成すると、シード層上の微細な凹凸は消失し、転写された比較的周期の長い凹凸高さは 2/3 以下となってしまう。シード層厚を 5 nm とした場合も同様に微細な凹凸は消失してしまった。すなわち、5 nm 以上のシード層を形成すると、基板上に形成した微細溝はシード層上に転写されず、粒子径を制御する効果が小さくなってしまふため、微細溝はシード層上に直接形成することが好ましい。

【0028】一方、結晶性のシード層（例えば NiAl）を用いた場合、シード層上に微細溝を形成し、その後 Cr合金下地層を形成すると、シード層結晶粒の結晶方位に合わせて Cr合金結晶粒が成長するため、Cr合金下地の粒子形状は微細溝に影響を受けず、シード層結晶粒の形状に従う。また、NiAl のような結晶性シード層は、その結晶軸の優先配向を 211 方位とするため、一般に厚く形成する必要がある、たとえ基板表面に微細溝を形成した場合であっても、シード層表面に微細溝の効果をもたらすことは困難である。結局、微細溝の存在する場所は、Cr合金下地層が接するアモルファスのシード層上であることが好ましい。

【0029】ところで、磁気記録媒体の熱安定性は、磁性結晶粒の一軸磁気異方性定数 K_u とその体積 V の積をボルツマン定数 k と絶対温度 T の積で除した量 $K_u V / k T$ で特徴付けることができる。 $K_u V / k T$ の値は 60 以上であると熱的に安定であるとされている（特開平 10-269548 号公報）。結晶粒径を微細に保ったまま熱的安定性を高めるためには、 K_u 値を大きくするか、膜厚を厚くすれば良いと考えられる。しかし、 K_u 値は材料によってその値が決まり、Co合金結晶粒を用いる場合、含有する Cr 量を低減することで K_u 値を増大できるが、粒子間の交換相互作用が強くなるため好ましくない。また、一般に柱状構造を持つ結晶粒は、膜厚方向に成長する過程で粒径が増大し、厚い膜厚で微細粒径を実現することは難しい。また、厚い膜厚で微細粒径が実現できたとしても実効的な磁性膜の中心が磁性膜表面から遠くなるため、磁気ヘッドで記録再生を行った場

合の記録分解能が低下し、高記録密度での記録再生は困難となる。これらの課題は、AFC媒体であっても、垂直媒体であっても同様に起こりうることである。

【0030】磁性粒子の体積 V はディスク垂直方向から観察して測定した粒子の面積と磁性膜の膜厚の積によって表せる。典型的な値として、円周方向の粒子径として 8 nm、半径方向の粒子径として 9 nm、膜厚 18 nm、一軸磁気異方性の大きさが $2 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ の場合、 $K_u V / k T$ の値は約 62 となり、熱安定性としては十分な値となる。粒子面積は、その形状が方形に近い場合、ディスク半径方向と円周方向の粒子径の積として求めることができる。一方、微細溝が形成されていない粒子の場合、8 nm の粒子径で円形の粒子を仮定すると、 $K_u V / k T$ の値は、約 44 となる。これは熱的安定性の点では十分な値ではない。このように、円周方向の粒子径は同じであっても、ディスク半径方向に粒子径を大きくすることによって熱安定性を確保することができる。このときディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で除した値は約 0.9 である。逆に、ディスク円周方向の粒子径を大きくし、半径方向の粒子径を微細にした変形方向の異なる粒子ができた場合は、 $K_u V / k T$ の値は約 62 となり熱安定性の点では満足できるが、ディスク円周方向の粒子径が大きくなるため、媒体ノイズは 0.5 dB 以上増加することとなり好ましくない。

【0031】さらに説明すると、ディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で除した値が 0.9 より大きいことは、0.9 以下の場合と比較して、ディスク円周方向の粒子径が大きいことを意味する。このため、図 6 に示すように、隣接記録ビット間に形成される磁化遷移領域の幅を増大させ、媒体ノイズの増大、さらには信号雑音比の低下を招き、高い記録密度を実現することはできない。現在実用化されている磁気ディスク装置の記録密度は、1 平方インチあたり約 50 ギガビットであり、これを 1 平方インチあたり 60 ギガビット以上の記録密度へ向上させるには 20% 以上の向上、すなわち最小記録ビットの大きさを、ディスク円周方向に 10% 以上、ディスク半径方向に 10% 以上微細化する必要がある。ところで、記録ビットの大きさをディスク円周方向に 10% 以上微細化した場合、微細化しない場合と同等以上の媒体信号雑音比を得るためには、微細化した記録ビットの隣接磁化遷移領域間の長さ方向の粒子数が、微細化しない場合と同数以上となることが好ましい。つまり、ディスク円周方向の粒子径を、等方的な形状の粒子の場合と比較して 90% 以下にする必要がある。このとき、ディスク半径方向の粒子径は変わらないとすると、ディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で除した値は 0.9 以下である。一方、粒子径の絶対値について述べると、面内記録方式において、高記録密度を実現するには、ディスク円周方向の粒子径（磁化反転の大きさ）は 10 nm 以下であることが好ましいが、粒子間の弱い交

換結合を考慮すると 8 nm 以下の粒子径であることがより好ましい。

【0032】一方、ディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で除した値が 0.5 未満になり、粒子形状が極度に細長くなると、形状磁気異方性の効果が顕著になる場合がある。たとえば、粒子の形状を厳密に反磁界係数を求めることのできる回転楕円体であると仮定した場合、円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で除した値が 0.5 のとき反磁界係数は約 0.24 である。このとき、磁性粒子内の積層欠陥密度が高かったり、格子歪など原因で一軸磁気異方性定数 K_u が $1 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ 程度となっている粒子については、形状磁気異方性エネルギーと結晶磁気異方性エネルギーの値がほぼ等しくなる。すなわち、粒子形状の長い方向（ディスク半径方向）に磁化が向きやすくなる傾向があらわれ、磁気記録を行う粒子としては好ましくない。したがって、ディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で除した値が 0.5 未満となることは好ましくない。

【0033】次に、結晶粒径の測定方法について述べる。結晶粒径の測定は透過電子顕微鏡による結晶粒像の観察、及びその画像解析によって行う。まず、磁気記録媒体試料をディスクから約 2 mm 角切り出して小片とする。この小片を基板側から研磨し、部分的に磁性層及び保護層だけとなった極薄膜を作成する。この薄膜化試料を基板面に垂直な方向から透過電子顕微鏡も用いて観察し、磁性膜結晶粒の結晶格子像を撮影する。この格子像において結晶方位のそろった部分を一つの結晶粒子とし、結晶粒界像を作成する。図 6 (a) には透過電子顕微鏡像により観察した、ディスク円周方向の粒子径がディスク半径方向の粒子径に比べて小さくなっている本発明の磁気ディスクの磁性膜結晶粒の結晶粒界像を、図 6 (c) には、磁性膜結晶粒が等方的である場合の結晶粒界像を示した。なお、図 6 (a)、図 6 (c) には、隣接する記録ビットの境界となる線と磁化遷移領域の幅も便宜的に示している。図 6 (a) に示した本発明の磁気ディスクの方が、図 6 (b) に示した従来の磁気ディスクより磁化遷移領域の幅が狭くなっていることが分かる。

【0034】次に、得られた結晶粒界像をスキャナでパーソナルコンピュータ内に取り込んでデジタルデータとする。取りこまれた画像データを市販の粒子解析ソフトウェアを用いて測定し、個々の粒子のディスク半径方向の最大ピクセル数とディスク円周方向の最大ピクセル数を求め、さらにピクセル数と実スケールとの換算から、個々の粒子についてディスク半径方向と円周方向の粒子径を求める（図 6 (b)）。この測定を 300 個以上の結晶粒について行ない、得られた粒子径の算術平均として、ディスク半径方向の平均粒径 $\langle D_r \rangle$ 、及びディスク円周方向の平均粒径 $\langle D_c \rangle$ を求める。一方、方位を規定しない平均粒径については、個々の粒子が持つ面積

と同じ面積を持つ円の直径として定義する。

【0035】以上述べた粒子径の測定は、ディスク状媒体の記録パターンが記録される最内周トラック位置で行うことが好ましい。なぜなら、ディスク内周部分は外周部分と比べ、相対的に磁気ヘッドに対する速度が遅くなるため、同じ記録周波数で記録の書きこみを行うと、最内周トラック位置で記録密度が高くなってしまうためである。つまり、媒体ノイズに対する制約がディスク内周側で特に厳しくなり、内周側ほど磁性粒子の粒径の微細化に対する要求が強いこととなる。したがって、ディスク円周の粒子径と半径方向の粒子径との比を高くすることがより強く求められる、ディスク最内周トラック位置で粒子径の測定を行う必要がある。

【0036】次に、微細溝に起因してディスク半径方向に発生する微細凹凸の周期の測定方法について説明する。凹凸の周期も透過電子顕微鏡による観察像を解析することで行う。まず、粒子径評価用に切り出した小片の近傍から、2 mm 角程度の小片を切り出す。この小片を磁気記録媒体の断面方向が薄膜化されるように研磨し、厚さ 100 nm 以下の薄膜とする。この時、ディスク円周方向に形成した微細溝の形状が観察できるように、ディスク円周方向と直交する面が薄膜化されるようにする。この薄膜を透過電子顕微鏡により観察し、磁気ディスクの断面構造像を得る。

【0037】図 7 に、磁気ディスク断面像のシード層と下地層の界面部分を表した模式図を示す。シード層 12 と下地層 13 の界面部分にまれにしか現れないような高さ 6 nm 以上の大きな凹凸部を避けて、界面方向に約 200 nm 幅の領域に形成されている高さ 0.5 nm 以上の凹凸のうち凸部の個数を計数する。解析した範囲のうち両端にある凸部間の長さを、測定した凸部の数から 1 を引いた値で除したものが、凹凸の平均周期となる。なお、平均周期の測定を行う際、凹凸のある界面部分のコントラストが不明瞭である場合には、スキャナで断面像をパーソナルコンピュータ内に取りこみデジタル化した後に、境界部を強調するフィルタ（ソーベルフィルタやバリエーションフィルタなど）を適用した後、周期の測定を行っても良い。微細溝凹凸の中心線平均粗さは、上記解析した範囲内において隣接する凹凸間の高さを測定し、その平均値の $1/2$ として定義した。一方、6 nm 以上の凹凸を除外したのは以下のような理由による。一般に、隣り合う凸部間の長さは凹凸高さの数倍以上である。したがって、6 nm 以上の高さを持つ部分の凹凸の周期は数 10 nm 以上となる。このように広い周期では、前に説明したように、粒子変形の効果は現れない。また、このように大きな凹凸の部分の占める割合は、ディスク全体に対して少ないため、除外しても平均的には影響は小さい。

【0038】図 8 は上記説明した磁気記録媒体を用いた磁気記憶装置の模式図であり、図 8 (a) は装置内部の

上面模式図、図 8 (b) は図 8 (a) における線 A A' に沿った断面模式図である。磁気記憶装置は、磁気記録媒体 111 と、これを記録方向に駆動する駆動部 112 と、記録の書きこみと読み出しを行う磁気ヘッド 113 と、磁気ヘッドを駆動する駆動部 114、及び記録再生を行う信号を制御する信号処理部 115 を有している。磁気ヘッドの記録を読み出す部分を高い磁気抵抗効果を有する素子で構成することにより、高い記録密度で十分な信号強度を得ることができ、1 平方インチあたり 60 ギガビットを超える記録密度をもった磁気記憶装置を実現することができる。高い磁気抵抗効果を有する素子は、巨大磁気抵抗効果、あるいはスピンバルブ効果を利用したもの、もしくはトンネル磁気抵抗効果を利用したものであることが好ましい。

【0039】微細溝凹凸は中心線平均粗さで 0.5 nm 以上 3 nm 以下であることが好ましい。なぜなら、凹凸高さが小さすぎると前に説明した凹凸による粒子形状の変化が起こりにくくなり、また、凹凸高さが高すぎる場合には、記録再生時に媒体上を浮上している磁気ヘッドが凸部と接触を起こす確率が増加するためである。凹凸の最大高さは中心線平均粗さの 10 倍程度であるため、磁気ヘッドの浮上高さを低くするためには、中心線平均粗さを大きくすることはできない。また、微細溝の凹凸の高さに対する凹凸の周期は数倍程度になるため、高い凹凸では、その周期を結晶粒の粒径以下とすることが困難である。テープポリッシングマシンを用いて微細溝を形成した後は、表面を洗浄し、乾燥させる必要がある。また、下地層、磁性層などを順次積層するため、成膜装置内にディスク基板を導入した後、一旦微細溝表面をスパッタリングするなどして、表面の酸化膜や不純物などを除去しても良い。微細溝表面のスパッタリングを行うと、微細溝の凹凸高さを大きくすることができる。

【0040】＜実施例 1＞図 1 に断面模式図を示す磁気ディスクを作製した。まず、アルカリ洗浄した化学強化ガラス基板 11 上に、シード膜 12 として NiTa_{37.5}Zr₁₀ 膜を 30 nm 成膜した。ここで NiTa_{37.5}Zr₁₀ における Ta 後の数字 37.5 と Zr の後の数字 10 は、それぞれ膜中に含まれる Ta と Zr の濃度を原子百分率で表したものである。すなわち、NiTa_{37.5}Zr₁₀ とは、52.5 at. % Ni - 37.5 at. % Ta - 10 at. % Zr の略記表示である。また、NiTaZr のように数値を示さずに記しているものは、直前に記載した同一元素を含む膜と同一組成比であり、略記表示である。以下同様の略記表示を行う。

【0041】次に、NiTaZr を成膜した基板を成膜装置から取り出し、平均砥粒径 0.13 μm 以下の研磨剤を用い、テープポリッシングマシンにより、NiTaZr 表面に基板円周方向の微細溝を形成した。微細溝を形成した基板は洗浄し、乾燥を行った後、成膜装置内

ことによりエッチングした。基板を約 250℃ に加熱後、下地層 13 として CrTi₁₅B₃ を 10 nm 成膜した。さらに連続して磁性層 14 として CoCr₁₈Pt₁₄B₆ 磁性膜を 16 nm 成膜後、保護層 15 として C を 5 nm 成膜した。

【0042】上記磁気記録媒体のディスク内周部分から、約 2 mm 角の小片を切り出して薄膜化し、磁性膜の結晶粒の平面格子像 (約 200 万倍) を透過電子顕微鏡を用いて撮影した。この透過電子顕微鏡像から平均結晶粒径を測定したところ 9.1 nm であった。また、先に切り出した部分の近傍を切りだし、断面方向に薄膜化して透過電子顕微鏡により観察したところ、CrTiB 層及び CoCrPtB 層は略柱状構造であり、NiTaZr 層はアモルファスであることが確認できた。さらに、NiTaZr 層と CrTiB 層の界面のディスク円周方向の微細溝をディスク半径方向に測定した凹凸は、中心線平均粗さで約 0.8 nm、平均周期は 9.0 nm であった。すなわち、凹凸の周期と中心線平均粗さの比はおおむね 10 : 1 であった。また、平面格子像からディスク円周方向に結晶粒径を測ったところ、8.9 nm であり、ディスク半径方向に測った平均結晶粒径は 10.5 nm であった。すなわち、ディスク円周方向の平均粒径とディスク半径方向の平均粒径との比は 0.85 であった。凹凸の平均周期は平均結晶粒以下であるため、粒径の比が 0.9 以下になったと考えられる。ちなみに、本媒体の保磁力を、振動試料型磁力計を用いて測定したところ、3800 Oe であり、残留保磁力の磁界印加時間依存性から求めた $K_u V / k T$ の値は 78 であった。すなわち、熱安定性は十分であると考えられる。

【0043】一方、比較のために微細溝を形成しないが、層構成、成膜条件はまったく等しい媒体を作成し、磁性膜の平均粒径を測定したところ、平均粒径は 9.4 nm であった。また、ディスク半径方向と円周方向の平均粒径の比は 0.99 であり、測定精度の範囲で、ディスクを基準にした方向による粒径の差はないと見なすことができた。すなわち、粒子形状は等方的であった。

【0044】また、さらに比較のために、基板上に直接微細溝を設け、他の層構成、成膜条件はまったく等しい媒体を作成し、磁性膜の平均粒径を測定したところ、平均粒径は 9.4 nm であり、ディスク半径方向と円周方向の平均粒径の比は 1.0 であった。すなわち、微細溝を設けなかった場合との差は見られなかった。これは、基板上に直接微細溝を設け、アモルファスの NiTaZr 層を形成した場合には、微細溝が NiTaZr 層表面に転写されなかったため、粒子形状が等方的となったと考えられる。ちなみに、比較のために作成した 2 種類の媒体、及び本発明の媒体の透過電子顕微鏡像から、磁性粒子の面内配向度を比較したところ差は見られなかった。

【0045】本実施例による微細溝を設けた媒体にパー

フルオロアルキルポリエーテル系の潤滑層 16 を形成し、図 8 に示す磁気記憶装置に組み込んで記録再生特性の評価を行った。磁気ヘッドは、記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用の巨大磁気抵抗効果型磁気ヘッドを合わせた複合型磁気ヘッドである。記録部の磁極間のギャップは $0.11\ \mu\text{m}$ 、実効トラック幅は $0.29\ \mu\text{m}$ である。再生部の実効トラック幅は $0.25\ \mu\text{m}$ 、シールド間隔は $0.08\ \mu\text{m}$ 、磁気ヘッドと媒体の距離は $20\ \text{nm}$ である。本磁気ヘッドを用い、1 平方インチあたり 60 ギガビットの記録再生条件で、記録再生を行ったところ、孤立波信号出力と媒体ノイズの比 (S/N) は $22.1\ \text{dB}$ の値を得た。また、オーバーライト特性として、 $35\ \text{dB}$ 以上を得た。また、ビットエラーレートは 10^{-5} 以下であり、1 平方インチあたり 60 ギガビット以上の記録密度が達成できることが確認できた。

【0046】＜実施例 2＞次に、媒体構成として、シード層 12 に NiP 鍍金を用い、磁性層 14 を Ru を介した AFC 構成とした例について述べる。化学強化ガラス基板 11 上に Cr を $10\ \text{nm}$ スパッタ成膜した基板を周知の鍍金プロセスにより、約 $100\ \text{nm}$ の NiP を鍍金した。この基板を平均砥粒径 $0.11\ \mu\text{m}$ 以下のダイヤモンド砥粒を用い、テープポリッシングマシンを用いて、円周方向に研磨し、ディスク円周方向に微細溝を形成した。微細溝形成後、表面を洗浄し、乾燥後、成膜装置内に導入した。赤外線ランプヒータにより約 300°C に加熱した基板上に CrTiB 7 層を $1.0\ \text{nm}$ 積層し、その後連続的に第 1 の磁性層として CoCrPt 4 を $3\ \text{nm}$ 、上下の磁性層を反強磁性結合させるための Ru を $0.5\ \text{nm}$ 、第 2 の磁性層として CoCrPt 14 B 8 を $15\ \text{nm}$ 積層し、保護膜 15 として C を $4\ \text{nm}$ 積層した。

【0047】本媒体のディスク内周部分から約 $2\ \text{mm}$ 微小試料を切りだし、基板側から薄膜化後、透過電子顕微鏡により第 2 の磁性層の平面格子像を撮影した。この格子像から 300 個以上の粒子を抽出し解析することにより、平均粒径として $8.9\ \text{nm}$ が得られた。また、先に切り出した部分の近傍から断面観察のために試料を切り出して薄膜化し、断面構造像を観察した。 CrTiB 層、及び $\text{CoCrPtB}/\text{Ru}/\text{CoCrPt}$ 磁性層は柱状構造であり、その結晶方位は下地粒子と磁性層粒子が連続的につながった構造となっていた。また、断面像から NiP と CrTiB の界面には、ディスク半径方向に測定した凹凸の中心線平均粗さ $0.7\ \text{nm}$ 、微細溝凹凸の周期約 $8.0\ \text{nm}$ の凹凸が形成されていた。円周方向に測った平均粒径は $7.8\ \text{nm}$ 、ディスク半径方向に測った粒子径は $9.0\ \text{nm}$ であった。すなわち、ディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で割った値は 0.87 であった。

【0048】本媒体の静磁気特性は、振動試料型磁力計、及びトルクメータを用いて評価し、飽和磁化膜厚積

$M_s t$ 、異方性磁界 H_k はそれぞれ、 $8.1\ \text{T} \cdot \text{nm}$ 、 $12.1\ \text{kOe}$ であった。実効的な磁気異方性定数 K_u と粒子体積 V との積は、飽和磁化膜厚積 $M_s t$ と異方性磁界 H_k 、及び粒子の平均面積 S により、 $K_u V = H_k \times M_s t \times S / 2$ として求めることができ、これをボルツマン定数 k と絶対温度 T の積で割った値 $K_u V / k T$ は約 66 となった。

【0049】本媒体にパーフルオロアルキルポリエーテル系の潤滑層 16 を形成し、図 8 に示す磁気記憶装置に組み込み、記録再生特性の評価を行った。磁気ヘッドは、記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用の巨大磁気抵抗効果型磁気ヘッドを合わせた複合型磁気ヘッドである。記録部の磁極間のギャップは $0.11\ \mu\text{m}$ 、実効トラック幅は $0.29\ \mu\text{m}$ である。再生部の実効トラック幅は $0.25\ \mu\text{m}$ 、シールド間隔は $0.08\ \mu\text{m}$ 、磁気ヘッドと媒体の距離は $20\ \text{nm}$ である。本磁気ヘッドを用い、1 平方インチあたり 60 ギガビットの記録再生条件で、記録再生を行ったところ、オーバーライト特性として、 $35\ \text{dB}$ 以上を得た。また、ビットエラーレートは 10^{-5} 以下であり、1 平方インチあたり 60 ギガビット以上の記録密度が達成できることが確認できた。さらに本実施例の媒体に対して再生出力の時間に対する減衰率の測定を行った。最大線記録密度での記録を 100 時間後に測定した再生出力から得た減衰率は 2% 以下であり、長期間の記録保持に十分適していることが確認された。

【0050】＜比較例＞ここでは、比較例として、化学強化ガラス基板に直接微細溝を形成した場合の例について述べる。化学強化ガラス基板 11 上に平均砥粒径 $0.13\ \mu\text{m}$ 以下のダイヤモンド砥粒を用いて、テープポリッシングマシンにより微細溝を形成した。その後、基板をアルカリ洗浄し、成膜装置内で、基板加熱を行わず、シード層 12 として、実質的にアモルファスの CoCrZr 10 層を $5\ \text{nm}$ 積層したもの、及び $30\ \text{nm}$ 積層したものを作成した。このディスク内周部から約 $2\ \text{mm}$ 角の小片を切り出し、透過電子顕微鏡を用いてディスク半径方向に沿ってシード層表面の凹凸を測定したところ、 $5\ \text{nm}$ の CoCrZr 層を成膜したディスクは中心線平均粗さ $0.7\ \text{nm}$ であったが、凹凸の平均周期は約 $20\ \text{nm}$ であった。ガラス基板上に形成されている凹凸と CoCrZr 層表面の凹凸との関係を調べたところ、周期が $10\ \text{nm}$ 以下の凹凸は、 CoCrZr シード層表面に転写されておらず、周期の長いものだけが転写されていた。同様に、 CoCrZr 層を $30\ \text{nm}$ 積層したディスクについても測定したところ、微細な凹凸は観察されなくなり、凹凸の平均周期は約 $40\ \text{nm}$ と大きくなっていた。すなわち、アモルファス層を形成することにより基板上に形成されていた微細な凹凸がシード層上に転写されなかったと考えられる。

【0051】これらのシード層表面を一旦スパッタリン

グし、基板を250℃に加熱後、1at.%のO₂を含有したArガスにより表面の酸化を行った。引き続き、Cr層7.5nmとCrTi20層12.5nmを連続して積層し、さらにCoCr20Pt6磁性層を20nm積層し、保護層としてC5nmを積層した。基板に直接微細溝を設け、30nm厚のシード層を形成した媒体においては、透過電子顕微鏡を用いて測定した平均粒径は12.6nmであり、ディスク円周方向の平均粒径をディスク半径方向の平均粒径で除した量は1.01となった。すなわち、柱状構造を持つ多結晶のCr/CrTi下地層が、磁性層の平均粒径より短い周期の微細溝上に直接形成されない場合は、ディスク円周方向に微細な粒子形状を達成できなかった。5nm厚のシード層を形成した媒体における磁性粒子の平均粒径の値、及びディスク円周方向の平均粒子径を半径方向の平均粒子径で除した値は、30nmのシード層を形成した場合と比較して、誤差の範囲で一致しており、ディスク円周方向に微細な粒子形状を達成することはできなかった。

【0052】＜実施例3＞次に、2層垂直磁気記録媒体に本発明を適用した実施例について説明する。結晶化ガラス基板11上に、まず、NiTa37.5Zr10膜を30nm成膜した。次に、FeTa10C16軟磁性層を400nm成膜した。軟磁性層の構成は磁化方向を固定したり、結晶性を制御する複数の層を付加して構成することもできる。軟磁性層の形成後、軟磁性層内に結晶層を析出させ軟磁気特性を向上させるため、赤外線ランプを用いて約330℃に加熱した。さらにシード層12としてNiTa37.5Zr10層を5nm積層し、基板温度が室温程度になった後、成膜装置から取り出した。次に、平均砥粒径0.11μm以下の研磨剤を用い、テープポリッシングマシンにより、NiTaZr表面に基板円周方向の微細溝を形成した。微細溝を形成した基板は洗浄し、乾燥を行った後、成膜装置内で、NiTaZr表面をArガスを用いてスパッタすることによりエッチングした。その後、基板を約250℃に加熱し、下地層13としてPdBi0を5nm成膜し、さらに連続して磁性層14としてCo0.3nm、Pd1.0nmを交互に積層して、CoとPdの積層部分の全膜厚が20nmとなるようにした。その後、保護層15としてCを5nm成膜した。

【0053】本実施例の媒体における磁性層を透過電子顕微鏡により観察したところ、個々の粒子の間には物理的な空間が見られ、粒子形状は明らかにディスク半径方向に長くなっていた。また、断面像を透過電子顕微鏡で観察したところ、軟磁性層上に形成したNiTaZr層とPdBi下地層の間には微細溝が観察され、そのディスク半径方向に沿って測定した凹凸周期は9.0nm、中心線平均粗さは約0.8nmであった。磁性粒子の平均粒径は13.3nmであり、円周方向に測った平均粒径は10.9nm、ディスク半径方向に測った粒子径は1

2.8nmであった。すなわち、ディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で割った値は0.85であった。ちなみに、粒径分布の標準偏差を平均で除した値で定義した粒径分散は23%であり、一般的なCoCrPt合金結晶粒により構成された磁性層の粒径分散値である約30%に比べ大幅に低減されていた。

【0054】本実施例の媒体にパーフルオロアルキルポリエーテル系の潤滑層16を形成し、図8に示す磁気記憶装置に組み込み、記録再生特性の評価を行った。磁気ヘッドは、記録用にトラック幅が0.18μmの単磁極ヘッド、再生用にシールド間隔が0.07μmでトラック幅が0.14μmのGMRヘッドを用い、ヘッド浮上量が10nmの条件で記録再生を行なった。本磁気ヘッドを用い、1平方インチあたり60ギガビットの記録再生条件で、記録再生を行ったところ、信号雑音比は20.2dBを得た。また、ビットエラーレートは10⁻⁵以下であり、1平方インチあたり60ギガビット以上の記録密度が達成できることが確認できた。さらに本実施例の媒体に対して再生出力の時間に対する減衰率の測定を行った。最大線記録密度での記録を100時間後に測定した再生出力から得た減衰率は2%以下であり、長期間の記録保持に十分適していることが確認された。

【0055】以上、実施例を用いて本発明を詳細に説明したが、ディスク円周方向と半径方向の粒子径の比を0.9以下とするために、磁性層の結晶粒径より小さい周期の微細溝を設ける以外の方法を用いても良い。たとえば、スパッタリング法を用いて下地層を形成するときに、ディスク基板の円周方向に対して斜めにスパッタリング粒子を入射させ、成長する粒子自身の射影効果によって、ディスク円周方向の粒子径の成長を抑制する手法などを用いても、同様な効果を得ることができると考えられる。

【0056】

【発明の効果】本発明によると、媒体ノイズが低減され、熱ゆらぎに対して十分に安定な磁気記録媒体を得ることができる。また、本発明の磁気記録媒体を、高い磁気抵抗効果を持つ磁気ヘッドとともに用いることにより、1平方インチあたり60ギガビット以上の記録密度を有す磁気記憶装置が実現可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による磁気記録媒体の断面構造を示す模式図。

【図2】ディスク状基板と微細溝の関係を示す図。

【図3】磁性層結晶粒を透過電子顕微鏡により観察した像を示す図。

【図4】ディスク半径方向と円周方向の粒子径を微細溝の周期に対してプロットした図。

【図5】ディスク円周方向の粒子径を半径方向の粒子径で除した値を粒径値に対してプロットした図。

【図6】(a)はディスク円周方向の粒子径が小さい場

合の結晶粒界像を示す図、(b)は粒子径が等方的な場合の結晶粒界像を示す図、(c)は粒子径の定義を示す図。

【図7】シード層と下地層の界面を示す模式図。

【図8】本発明で用いた磁気記憶装置内部及び断面を示す図。

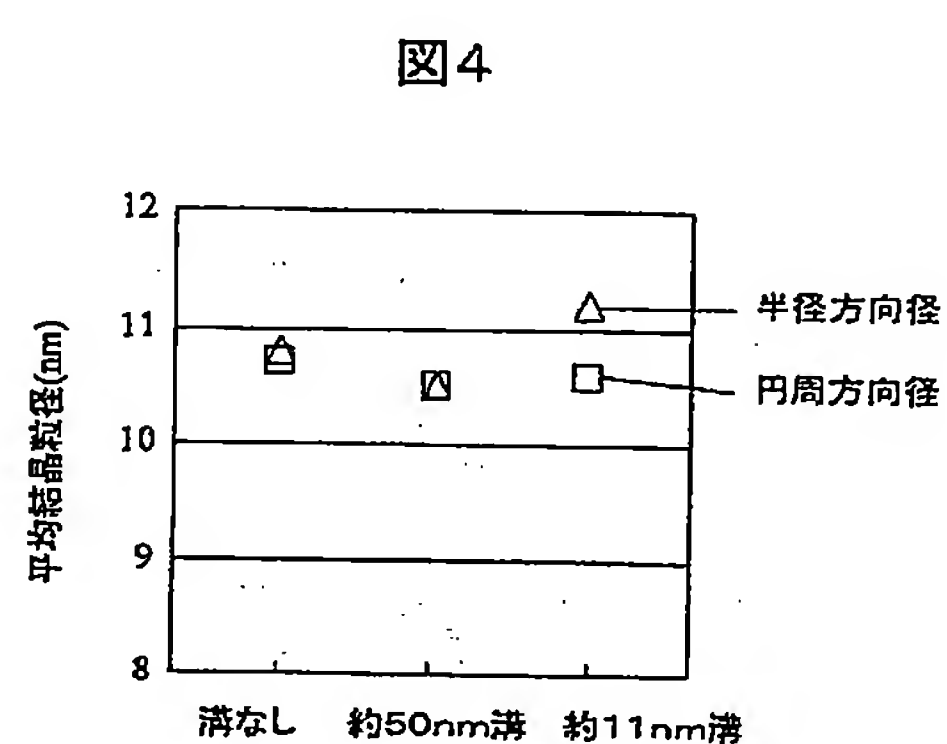
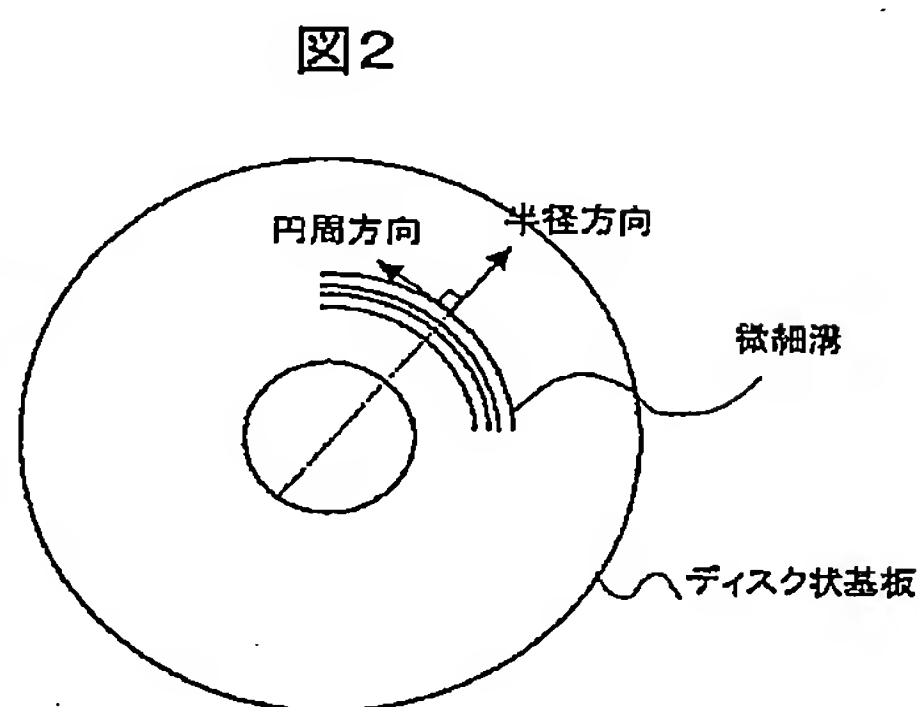
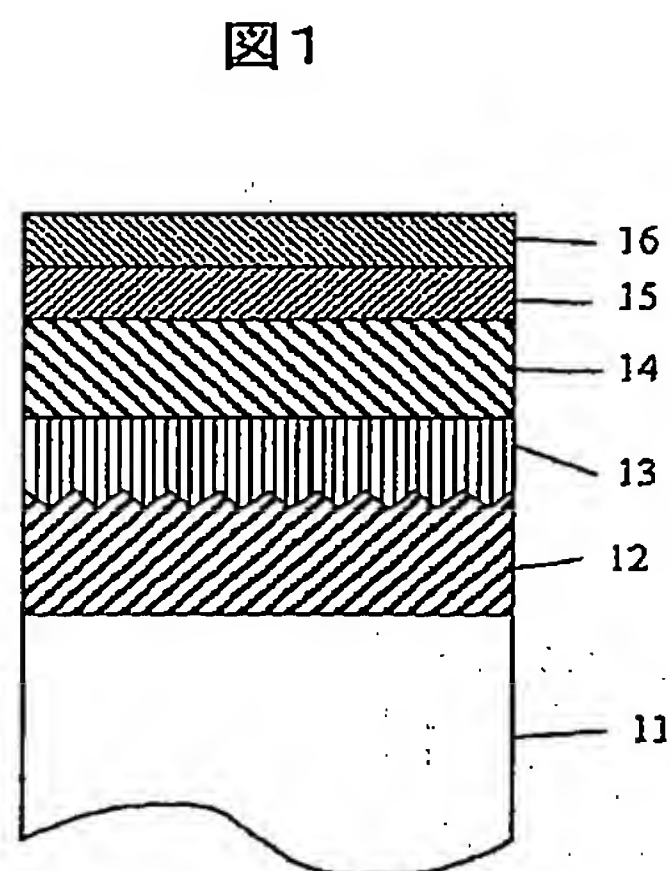
【符号の説明】

11：基板、12：シード層、13：下地層、14：磁性層、15：保護層、16：潤滑層、111：磁気記録媒体、112：磁気記録媒体駆動部、113：磁気ヘッド、114：磁気ヘッド駆動部、115：記録再生処理系

【図1】

【図2】

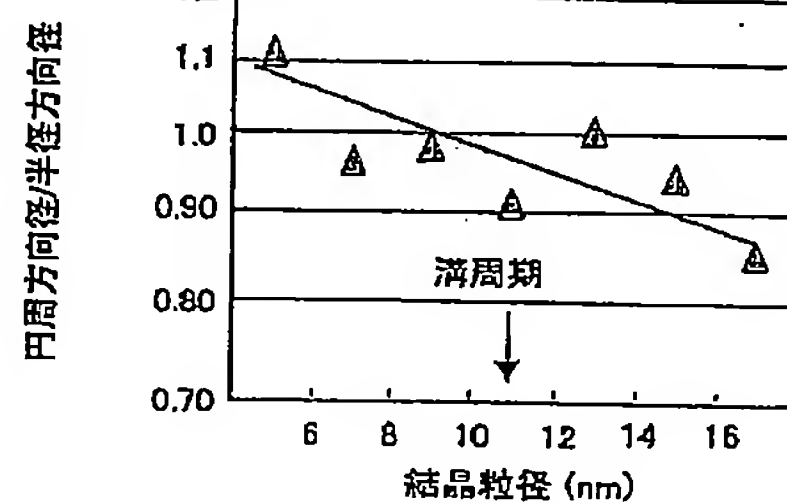
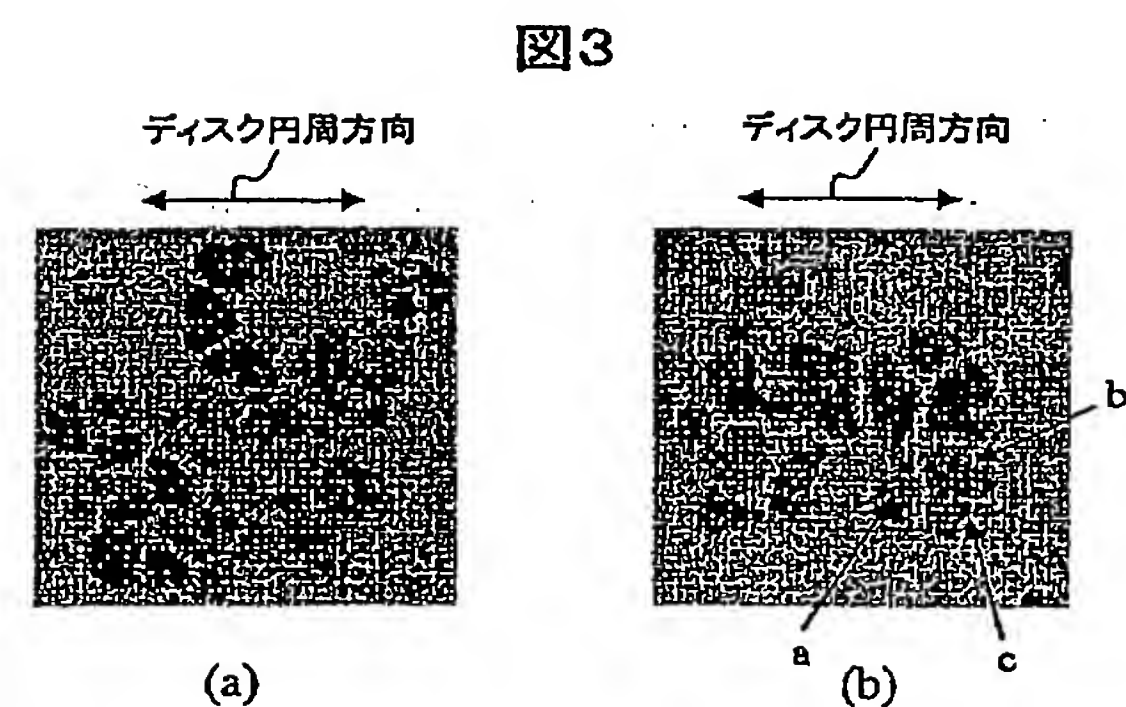
【図4】



【図5】

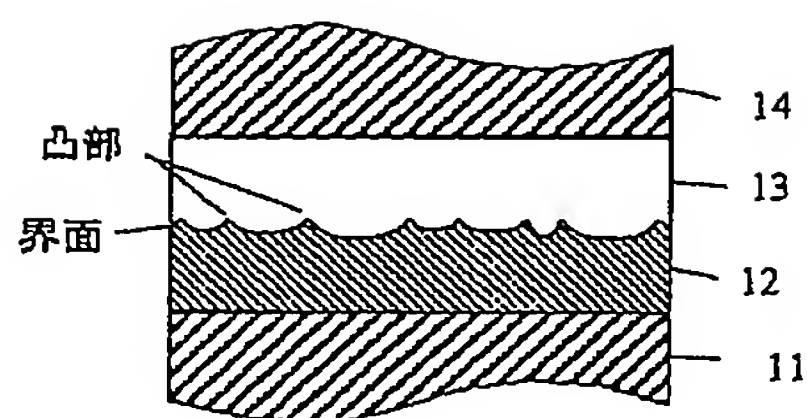
【図3】

図5



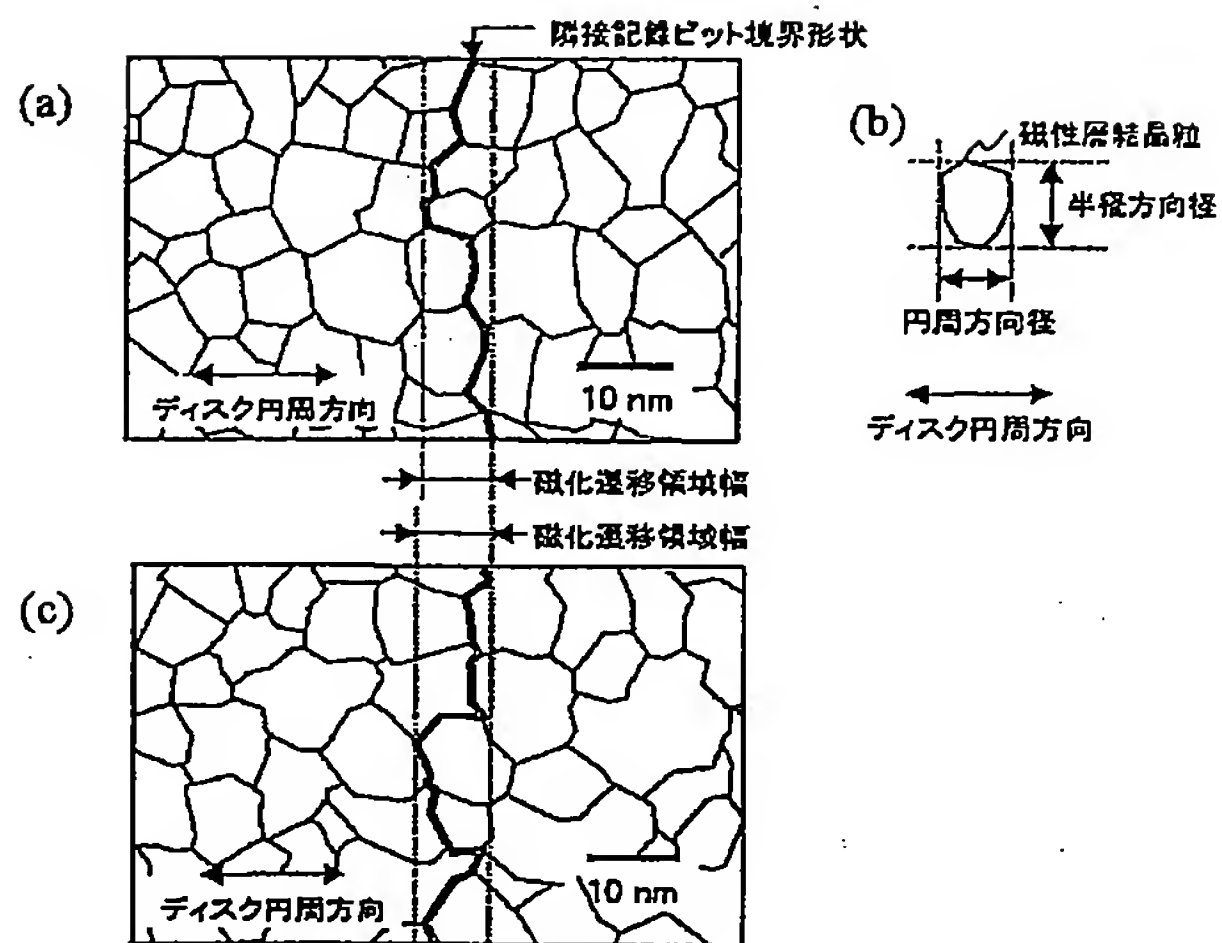
【図7】

図7



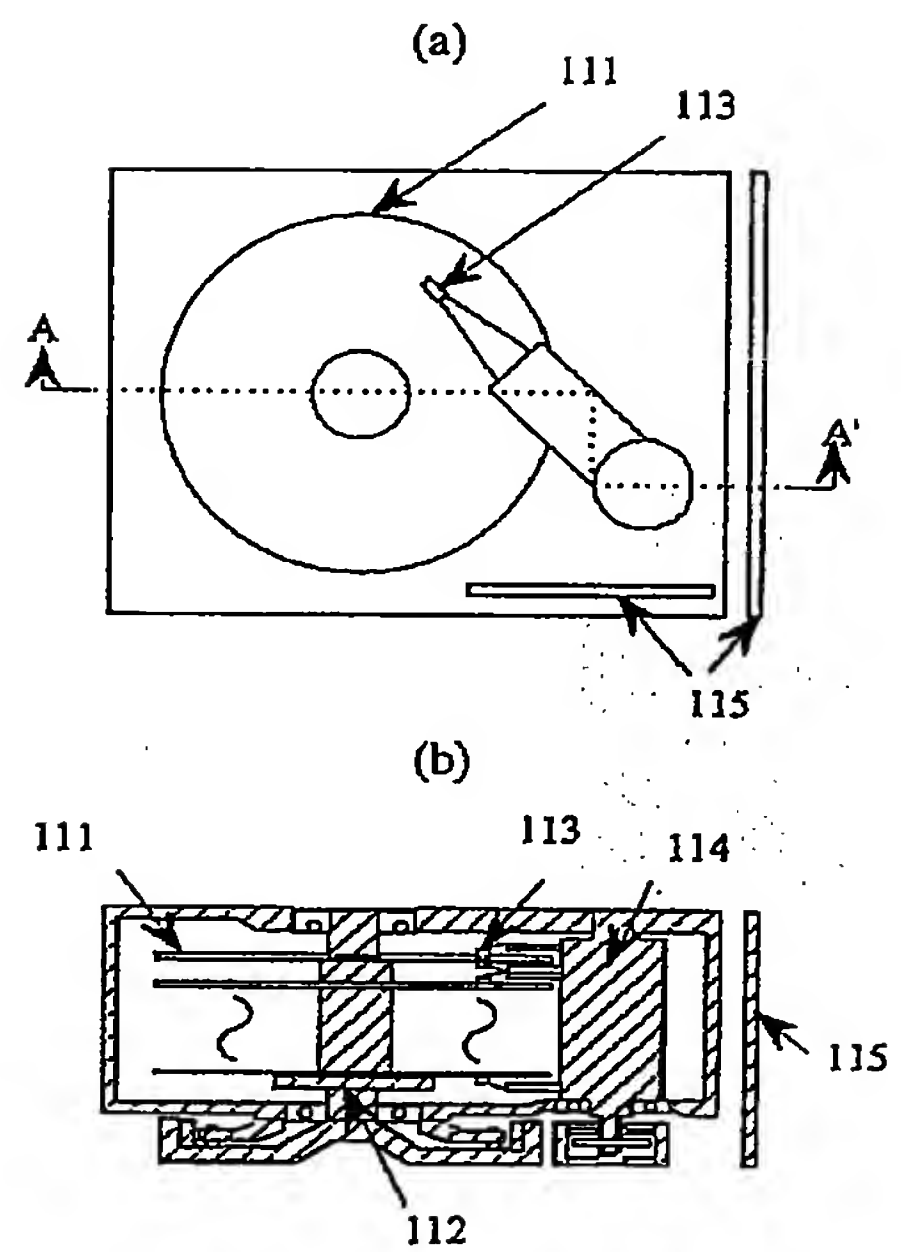
【図6】

図6



【図8】

図8



フロントページの続き

(72) 発明者 平山 義幸
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB07 BB09 CA01 CA03
 CA05 CA06 CB04 DA03 DA08
 EA03 FA09
 5D112 AA03 AA04 AA05 AA24 BB01
 BB06 BD03 BD04 BD06 FA04
 GA13 GA20 GA27